

京都大学工学部 正員 小西 一郎
 京都大学工学部 正員 白石 成人
 京都大学大学院 学生員 ○北川 貴一

1. まえがき

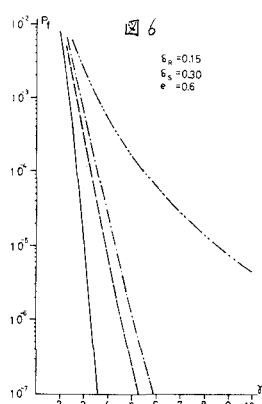
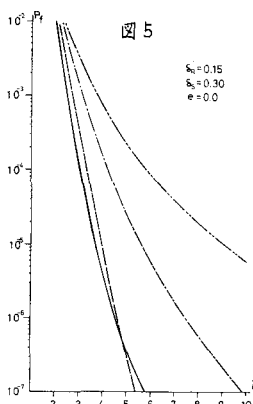
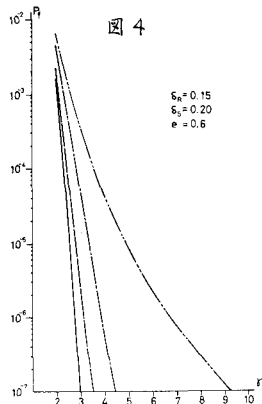
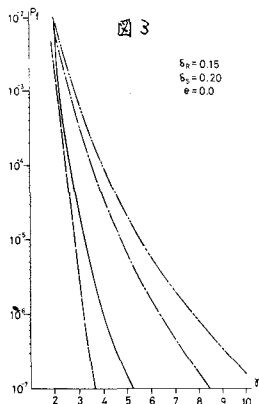
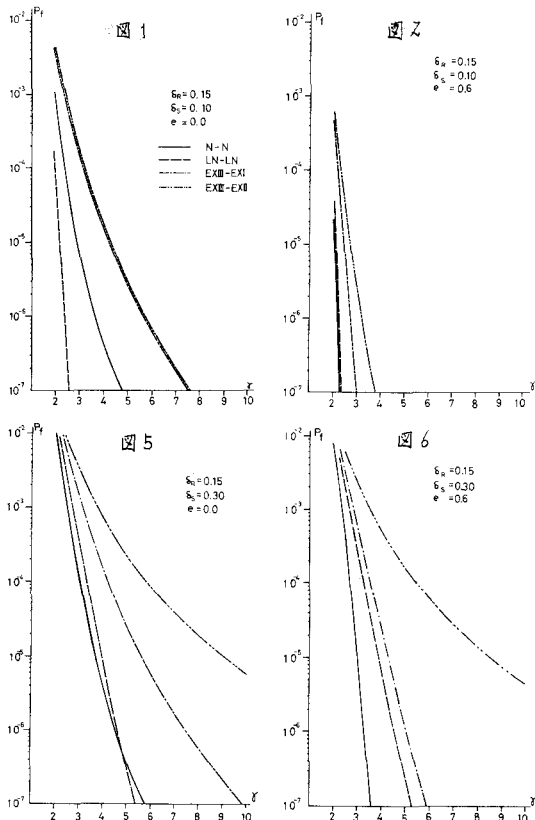
従来より土木構造物の信頼性解析を行なおうとする試みがなされているが、実際の構造物、特に吊橋のような長大土木構造物にその理論を適用する場合には、構造解析の複雑さは別として、信頼性解析自体に以下のような困難な問題点があり、まだ適用されていないのが現状である。

- (1) 破壊確率に大きく影響を及ぼす分布形のスソの部分のデータ不足
- (2) 破壊確率が分布型に大きく依存する。
- (3) 不静定構造物の信頼性解析の複雑さ
- (4) 荷重の変動による不規則振動を考慮する必要がある。

ここでは、(3)以外について考える。まず(1)に関しては、保証強度試験を行なうことにより抵抗に関するデータは相当精度が良くなり、またそうすることによって(2)の問題もかなり改良される。(3)の問題は非常に重要ではあるが、吊橋のような超高次不静定構造物ではその信頼性解析は不可能で、ここでは一部材の破壊をもって構造物全体の破壊と考える。(4)に関する問題を避けるためには、*gust factor* のような概念を導入する必要があるが、後で述べるように非常に不合理であるので、この問題を考慮した信頼性解析の考察を行なう。

2. 単純引張部材の破壊確率 (1), (2)

単純引張部材の破壊確率 P_f を、保証強度レベル e ($= S_p / \bar{R}$) (S_p : 保証強度, $\bar{R}$: 降伏点応力の平均値) をパラメータとして、中央安全率 γ に対して表わしたのが図1~6であり、§1で述べたように、データの精度が良くなるにつれて、破壊確率の分布型に対する敏感性の問題がかなり改善されていることがわかる。



3. 横方向の静的な風荷重を受ける吊橋の補剛トラスの破壊確率⁽²⁾

吊橋が橋軸に直角な水平方向の静的な風荷重を受ける場合の補剛トラスの上下弦材の破壊確率を、次の仮定を置いて求めたのが表1である。

(1) 荷重と抵抗は独立

(2) 各部材の抵抗は独立

(3) 各部材力は従属

(4) 一部材の破壊でもって構造物は破壊する。

ここで、 $gust\ factor = 1.5$ であり、荷重と抵抗の変動係数はデータの予測誤差をも含めて少し大きな値をとり、風速の変動係数 $\delta_s = 0.20$ 、部材の降伏点強度の変動係数 $\delta_R = 0.15$ としている。

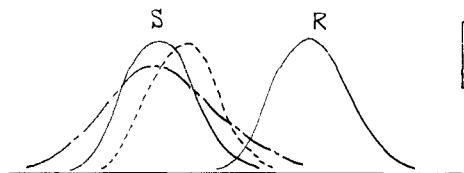
表1の破壊確率は 10^{-2} のオーダーであって、常識的に考えられる値よりもはるかに大きな値となっている。この原因としては、仮定(4)の不合理性以外に、 $gust\ factor$ 及び変動係数の値が大き過ぎると考えられる。そこで、 $gust\ factor = 1.5$ 、 $\delta_s = 0.15$ 、 $\delta_R = 0.10$ として計算を行なうと、破壊確率は 10^{-4} のオーダーの値となり、確かに表1で採用された変動係数は大き過ぎることがわかるが、データの予測誤差のことを考えると、~~表1~~ データ通りの変動係数を採用することは危険であると思われる。次に、 $gust\ factor = 1.3$ 、 $\delta_s = 0.20$ 、 $\delta_R = 0.15$ として計算を行なうと、破壊確率は $10^{-2} \sim 10^{-4}$ のオーダーになり、破壊確率は変動係数及び $gust\ factor$ に大きく依存していることがわかる。

$gust\ factor$ は設計に用いるべき概念であって、それによる風速は信頼性解析に用いるべき風速とは大きく異なるものである。従って、荷重の変動部分をも考慮した信頼性解析には、 $gust\ factor$ のような概念を用いた架空の外力に対する解析は非常に不合理であると思われる。

4. 荷重の変動による不規則振動を考慮した信頼性解析

一般に外力 V は、 $V = V_0 + \Delta V$ (V_0 : 平均値、 ΔV : 変動部分) で表わされ、これによって生じる応答 X も平均値 X_0 と変動部分 ΔX の和で表わされ、 $X = X_0 + \Delta X$ となる。この ΔV から ΔX への変換過程に不規則振動論を適用し、 ΔX は平均値が0で分散が $\sigma_{\Delta X}^2$ の分布に従うが、また X_0 も平均値が $\bar{X}_0$ で分散が $\sigma_{X_0}^2$ の分布に従っている。よって、もし X_0 と ΔX が独立ならば、 X は平均値が $\bar{X}$ で、分散が $\sigma_X^2 = \sigma_{X_0}^2 + \sigma_{\Delta X}^2$ の分布に従うことになる。このように、荷重の変動部分による不規則振動を ΔV から ΔX への変換過程で考えると、以下の解析は従来の信頼性解析がそのまま用いられ、不規則振動を考慮した信頼性解析が可能となる。

この解析法と、 $gust\ factor$ を用いた解析法との相違点は下図から明らかであろう。



〔破線: $gust\ factor$ による静的信頼性解析
一点鎖線: 不規則振動を考慮した動的信頼性解析〕

参考文献

- (1) 小西, 白石, 北川, 桂樹; “信頼性推定の精度改良に関する一考察” 関西支部年次学術講演会, 昭49
- (2) Konishi, Kitagawa, Katsuragi; “Structural Reliability Analysis Considering Strength Assurance Level” Proc. the Japan - U.S. Joint Seminar, Reliability Approach in Structural Engineering, 1974